

PEMBUATAN KONTROL ARUS EKSITASI PADA MODUL *AUTOMATIC VOLTAGE REGULATOR* DENGAN MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER

Syahrul Ilham Permana
D3 Teknik Elektro, FTI, ITS.

Roikhana Farista Dewira
D3 Teknik Elektro, FTI, ITS.

Modul *Automatic Voltage Regulator* adalah sebuah modul pendukung pembelajaran mesin listrik yang digunakan untuk menstabilkan tegangan keluaran dari modul generator yang ada pada Laboratorium Konversi Energi di S1 Teknik Elektro. Modul *Automatic Voltage Regulator* memanfaatkan pedoman bahwa generator harus diberi arus eksitasi untuk menghasilkan tegangan. Modul ini memberikan arus eksitasi tambahan secara otomatis saat tegangan keluaran dari generator tidak sebesar 220 volt. Arus eksitasi pada modul ini dihasilkan melalui boost converter, dimana boost converter bertindak menambah arus eksitasi jika voltage divider menunjukkan indikasi kekurangan tegangan keluaran pada generator melalui mikrokontroler. Hasil dari modul ini adalah dapat mengeluarkan tegangan keluaran dari generator sebesar 220 volt tanpa harus memberi masukan arus eksitasi secara manual sehingga mempermudah para praktikan untuk melaksanakan praktikum.

Kata Kunci: Modul *Automatic Voltage Regulator*, Boost Converter, Arus Eksitasi.

I. PENDAHULUAN

Laboratorium Konversi Energi di S1 Teknik Elektro memiliki modul berupa generator yang digerakkan melalui motor 1 fasa, output generator tersebut berubah-ubah bergantung pada beban yang diberikan. Generator tanpa beban belum menunjukkan tegangan keluaran sebesar 220 volt dengan ketentuan menjaga kecepatan motor sebesar 1500 rpm. Kejadian tersebut memaksa pengguna untuk menambahkan arus eksitasi pada generator secara manual agar dapat menghasilkan tegangan 220 volt. Alat yang dapat menjaga kestabilan tegangan seperti tujuan dari paparan di atas adalah *Automatic Voltage Regulator* [1]. *Automatic Voltage Regulator* atau yang biasa disebut dengan AVR ini merupakan sebuah alat yang digunakan untuk menjaga kestabilan tegangan keluaran dari generator. Beragam cara memanfaatkan *Automatic Voltage Regulator* ini, mulai dari menggunakan boost converter, menggunakan PID[2], dan lain-lain. *Automatic Voltage Regulator* sendiri memanfaatkan arus eksitasi untuk menjaga kestabilan tegangan keluaran dari generator. Dimana jika tegangan keluaran belum konstan, maka *Automatic Voltage Regulator* tugasnya memberi masukan arus eksitasi sampai hasilnya sesuai dengan tegangan keluaran yang dibutuhkan. Alat tersebut belum ada di dalam Laboratorium Konversi Energi di S1 Teknik Elektro sehingga menyulitkan para praktikan saat melakukan praktikum, dimana para praktikan tidak dapat mempelajari bagaimana cara kerja eksitasi pada generator dengan jelas. Oleh karena itu, modul *Automatic Voltage Regulator* yang memanfaatkan boost converter untuk menaikkan tegangan dan arus sebagai arus eksitasi pada generator. Modul ini berguna untuk modul pembantu

pembelajaran tanpa mempersulit para praktikan yang ingin menggunakan.

II. LANDASAN TEORI Generator Sinkron

Generator arus bolak-balik (AC) atau disebut dengan alternator adalah suatu peralatan yang berfungsi untuk mengkonversi energi mekanik (gerak) menjadi energi listrik (elektrik) dengan perantara induksi medan magnet. Perubahan energi ini terjadi karena adanya perubahan medan magnet pada kumparan jangkar (tempat terbangkitnya tegangan pada generator). Dikatakan generator sinkron karena jumlah putaran rotornya sama dengan jumlah putaran medan magnet pada stator. Kecepatan sinkron ini dihasilkan dari kecepatan putar rotor dengan kutub-kutub magnet yang berputar dengan kecepatan yang sama dengan medan putar pada stator. Kumparan medan pada generator sinkron terletak pada rotornya sedangkan kumparan jangkarnya terletak pada stator.

Automatic Voltage Regulator

Eksitasi atau biasa disebut sistem penguatan adalah suatu perangkat yang memberikan arus penguat (I_f) kepada kumparan medan generator arus bolak-balik (alternating current) yang dijalankan dengan cara membangkitkan medan magnetnya dengan bantuan arus searah. Arus eksitasi adalah pemberian arus listrik pada kutub magnetik. Dengan mengatur besar kecilnya arus listrik tersebut kita dapat mengatur besar tegangan output generator atau dapat juga mengatur besar daya reaktif yang diinginkan pada generator yang sedang paralel dengan sistem jaringan besar (infinite bus). Sistem eksitasi dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu sistem eksitasi dengan menggunakan sikat dan

sistem eksitasi tanpa sikat. Eksitasi adalah sebuah dasar yang menjadikan kepentingan AVR pada generator. Prinsip kerja dari AVR[1] adalah mengatur arus penguatan (excitacy) pada exciter. Apabila tegangan output generator di bawah tegangan nominal tegangan generator, maka AVR memperbesar arus penguatan (excitacy) pada exciter. Dan juga sebaliknya apabila tegangan ou generator melebihi tegangan nominal generator maka AVR akan mengurangi arus penguatan (excitacy) pada exciter. Dengan demikian apabila terjadi perubahan tegangan output gnerator dapat distabilkan oleh AVR secara otomatis dikarenakan dilengkapi dengan peralatan seperti alat yang digunakan untuk pembatasan penguat minimum ataupun maximum yang bekerja secara otomatis. Sistem eksitasi merupakan sistem pasokan listrik DC sebagai penguatan pada generator atau sebagai pembangkit medan magnet sehingga generator dapat menghasilkan energi listrik dengan besar tegangan keluaran generator bergantung pada besarnya arus eksitasi.

Boost Converter

Boost converter [6] (converter step-up) adalah konverter daya DCto-DC dengan tegangan output yang lebih besar dari tegangan input. Ini adalah termasuk switching-mode power supply (SMPS) yang mengandung setidaknya dua semikonduktor (dioda dan transistor) dan setidaknya satu elemen penyimpanan energi, kapasitor, induktor, atau dua dalam kombinasi. Filter yang terbuat dari kapasitor (terkadang dikombinasikan dengan induktor) biasanya ditambahkan ke output dari konverter untuk mengurangi riak keluaran tegangan. Prinsip utama dari boost converter adalah kecenderungan induktor untuk melawan perubahan arus dengan menciptakan dan menghancurkan medan magnet. Dalam boost converter, tegangan output selalu lebih tinggi dari tegangan input.

Voltage Divider

Rangkaian voltage divider biasanya digunakan untuk membuat suatu tegangan referensi dari sumber tegangan yang lebih besar, titik tegangan referensi pada sensor, untuk memberikan bias pada rangkaian penguat atau untuk memberi bisa pada komponen aktif. Rangkaian pembagi tegangan pada dasarnya dapat dibuat dengan 2 buah resistor, contoh rangkaian dasar pembagi tegangan dengan output VO dari tegangan sumber VI menggunakan resistor pembagi tegangan R1 dan R2.

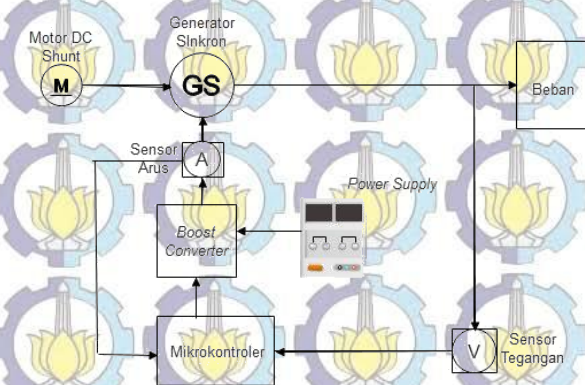
Sensor Arus ACS712

Pengukuran arus biasanya membutuhkan sebuah resistor shunt yaitu resistor yang dihubungkan secara seripada beban dan mengubah aliran arus menjadi tegangan. Tegangan tersebut biasanya diumpun ke current transformater terlebih dahulu sebelum masuk ke rangkaian

pengkondisi sinyal. Hal tersebut di implementasikan ke dalam sensor arus ACS712. Sensor arus dari keluarga ACS-712[8] adalah solusi untuk pembacaan arus didalam dunia industri, otomotif, komersil dan sistem sistem komunikasi. Sensor ini biasanya digunakan untuk mengontrol motor, deteksi beban listrik, switched-mode power supplies dan proteksi beban berlebih. Sensor ini memiliki pembacaan dengan ketepatan yang tinggi, karena didalamnya terdapat rangkaian low-offset linear Hall dengan satu lintasan yang terbuat dari tembaga. Cara kerja sensor ini adalah arus yang dibaca mengalir melalui kabel tembaga yang terdapat didalamnya yang menghasilkan medan magnet yang di tangkap oleh integrated Hall IC dan diubah menjadi tegangan proporsional. Ketelitian dalam pembacaan sensor dioptimalkan dengan pemasangan komponen yang ada didalamnya antara penghantar yang menghasilkan medan magnet dengan hall transducer secara berdekatan. Persisnya, tegangan proporsional yang rendah menstabilkan Bi CMOS Hall IC yang didalamnya yang telah dibuat untuk ketelitian yang tinggi oleh pabrik. Dimana titik tengah output sensor sebesar ($>VCC/2$) saat peningkatan arus pada penghantar arus yang digunakan untuk pendeteksian. Hambatan dalam penghantar sensor sebesar $1,5m\Omega$ dengan daya yang rendah. Ketebalan penghantar arus didalam sensor sebesar 3x kondisi overcurrent.

III. PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

Blok Diagram Modul Automatic Voltage Regulator



Gambar 3.1 Blok Diagram Sistem

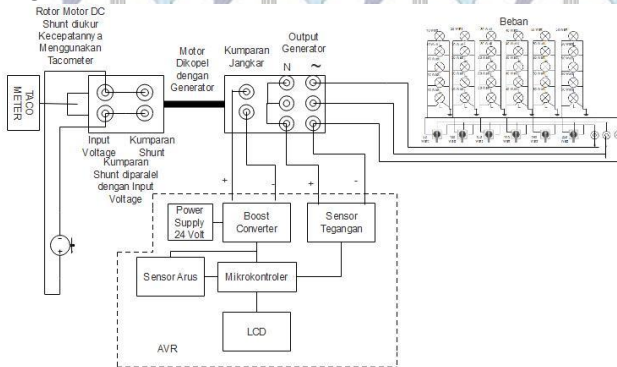
Modul *Automatic Voltage Regulator* memakai sistem *closed loop*. Sistem *closed loop Automatic Voltage Regulator* menggunakan *voltage divider*, mikrokontroler, dan *boost converter*. Tegangan keluaran generator di proses melalui *voltage divider* dalam bentuk ADC.

Hasil dari inisialisasi ADC *voltage divider* digunakan untuk pengolahan data tegangan keluaran generator melalui mikrokontroler. Mikrokontroler memproses hasil inisialisasi ADC untuk memberikan PWM *driver boost converter*.

Sensor arus pada *boost converter* digunakan untuk pemantau arus keluaran *boost converter*, sekaligus arus

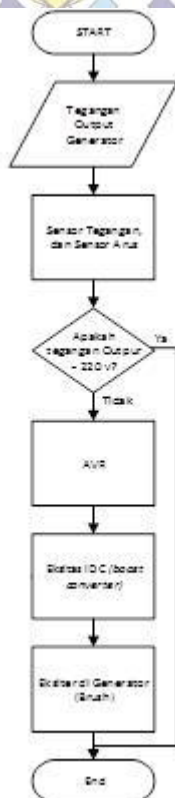
eksitasi untuk generator. *Boost converter* memiliki masukan berupa tegangan yang diperoleh dari *power supply*.

Gambar Pengaplikasian Modul Automatic Voltage Regulator



Gambar 3.2 Gambar Pengaplikasian Modul

Flowchart Keseluruhan



Gambar 3.3 Flowchart Keseluruhan Program

Modul *Automatic Voltage Regulator*. Urutan kerja *flowchart* Gambar 3.3:

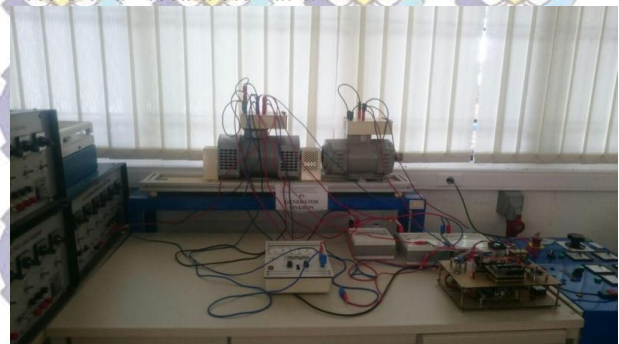
1. Mikrokontroler menerima inisialisasi dari sensor tegangan, dan sensor arus berupa ADC
2. Mikrokontroler akan memproses data *voltage divider*
3. Mikrokontroler akan menambah maupun mengurangi tegangan jika tegangan tidak konstan sebesar 220 volt

4. Mikrokontroler memberikan penambahan atau pengurangan PWM yang masuk ke *driver boost converter* sebagai *exciter*.
5. Mikrokontroler akan berhenti bekerja setelah *voltage divider* memberikan indikasi masukan sebesar 220 volt

IV. HASIL DAN ANALISA

Pengujian keseluruhan adalah pengujian dari keseluruhan sistem. Dimulai dari keluaran generator di proses melalui *voltage divider*, lalu masuk ke mikrokontroler. Data ADC yang diperoleh dari *voltage divider* diproses kembali oleh mikrokontroler dimana keluaran dari proses tersebut digunakan untuk mem-boost driver *boost converter*. *Boost converter* tersebut digunakan sebagai pemberi arus eksitasi ke dalam modul generator sehingga diharapkan menghasilkan tegangan *output* konstan sebesar 220 volt.

Pengujian modul *Automatic Voltage Regulator* seperti pada Gambar 4.1. Pembebanan yang digunakan adalah beban resistif, dimana beban tersebut sudah ada di Laboratorium Konversi Energi. Pengujian secara keseluruhan ini kami lakukan dengan dua tahap, tahap pertama yaitu pengujian secara *open loop* pengujian ini bertujuan untuk meyakinkan *boost converter* sudah berjalan dengan baik dan dapat menghasilkan tegangan sebesar 220 volt sebagaimana ketentuan *Automatic Voltage Regulator* sendiri. Tahap pertama pengujian ini masih menggunakan penambahan *duty cycle* secara manual menggunakan *variable resistor* yang ada pada mikrokontroler. Tahap kedua adalah pengujian secara keseluruhan secara otomatis.



Gambar 4.1 Pengujian Secara Keseluruhan

Pengujian pertama yang dilakukan adalah pengujian keseluruhan secara *open loop* yang di perlihatkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Hasil Pengujian *Open Loop*

Vout(V)	Iout(A)	Veks(V)	Ieks(A)	Kecepatan (RPM)	D (%)	Beban (%)
190	-	24	0.55	1500	0	0
190	-	24	0.58	1500	0	5
180	-	24	0.6	1500	0	10
180	-	24	0.6	1500	0	15

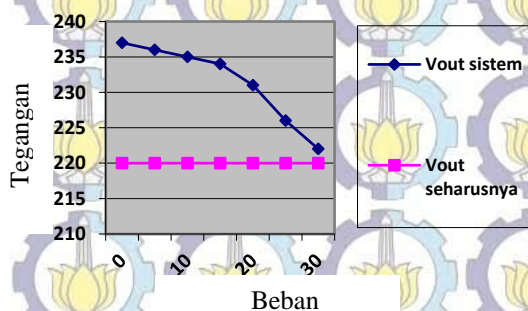
Vout(V)	Iout(A)	Veks(V)	Ieks(A)	Kecepatan (RPM)	D (%)	Beban (%)
170	-	24	0.5	1500	0	20
155	-	24	0.55	1500	0	25
220	-	24	0.7	1500	18.4	0
220	0.24	30.57	0.78	1500	23.7	5
220	0.29	32	0.8	1500	25	10
220	0.34	33.24	0.8	1500	27.8	15
220	0.39	41.3	0.98	1500	41.9	25

Pengujian secara *closed loop* akan diperlihatkan hasilnya pada Tabel 4.2

Tabel 4.2 Pengujian Secara *Closed Loop*

Beban (%)	Veks(V)	Ieks(A)	Vout(V)	Pout(Watt)
0	-	-	6	0
0	32	0.75	237	0
5	33.2	0.79	236	140
10	34	0.8	235	299
15	35	0.82	234	425
20	36	0.85	231	560
25	37.2	0.86	226	700
30	38	0.91	222	850

Pengujian akhir dari sistem *closed loop* modul *Automatic Voltage Regulator* telah berhasil mengeluarkan tegangan output tidak kurang dari 220 volt. Gambar 4.1 akan memperlihatkan hasil tegangan *output* dari pengujian sistem *closed loop*, dan tegangan output seharusnya sesuai dengan beban yang di pakai.



Gambar 4.1 Perbandingan Antara Tegangan Sistem dengan Tegangan Output Seharusnya

Pengujian sistem ini menunjukkan bahwa sistem ini belum dapat mempertahankan tegangan output generator secara konstan atau masih ada error sebesar 0.01%-1.07%.

V. PENUTUP

A. Kesimpulan

Dari seluruh tahapan yang sudah dilaksanakan pada penyusunan Tugas Akhir ini, mulai dari studi literature, perancangan dan pembuatan sampai pada pengujiannya maka dapat disimpulkan bahwa: □ Boost Converter yang telah dibuat dan diuji coba mengalami error sebesar 1.925% sampai 8.675%. □ Sensor tegangan yang berupa voltage divider mempunyai error sebesar 0.0984%. □ Modul ini mengeluarkan arus eksitasi semakin besar setiap penambahan beban sekitar 0.75-0.91 □ Sistem closed loop yang telah dibuat dan diuji coba memiliki error sebesar 0.01%-1.07% dari tegangan konstan 220 volt yang diinginkan.

B. Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah menggunakan sistem closed loop memakai PID agar mendapatkan sistem kontrol yang lebih konstan. Menggunakan sensor tegangan berupa modul yang telah jadi, agar hasil yang terbaca oleh mikrokontroler lebih linier.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Purba H.AS , "Rancang Bangun AVR(Auto Voltage Regulator) Menggunakan Chopper Tipe Boost Converter pada Generator Satu Fasa 3kVA", *Tugas Akhir*, Universitas Riau KM 12.6 Panam, Pekanbaru, 2013.
- [2] Setiawan, D. I. , "Simulasi dan Analisis Performansi Automatic Voltage Regulator(AVR) Digital pada Generator", *Tugas Akhir*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2005.
- [3] Andrianto. H. , "Pemrograman Mikrokontroler AVR ATmega16 Menggunakan Bahasa C(CodeVision AVR)", *Informatika*, Bandung, 2013.
- [4] Winoto, A. , "Mikrokontroler ATmega8/32/16/8535 dan Pemrogramannya dengan Bahasa C", *Informatika*, Bandung, 2008.
- [5] Adiyaksa, B. , "Sistem Mudah Belajar Elektronika", *Andi Yogyakarta*, Yogyakarta, 2010.
- [6] Suwitno , "Bahan Ajar Elektronika Daya Lanjut", Teknik Elektro Universitas Riau., Pekanbaru, 2012.
- [7] Kundur, P. , "*Power System Stability and Control*", McGraw-Hill, Inc, USA, 1993.
- [8] Anderson, P. M., Fouad A. A. , "*Power System and Control Stability*", Iowa State University Press, USA, 1982.